



## **Interferência Eletromagnética via Método FDTD**

### *Electromagnetic Interference via FDTD*

Luciano Nascimento<sup>1\*</sup>, Anastasiia Melnyk<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>*Departamento de Física-DF/CCT-UEPB, Campina Grande-PB, Brasil.*

<sup>2</sup>*Departamento de Estudos em Educação-DEE, Patos-PB, Brasil.*

#### **Resumo**

*A interferência eletromagnética é um fenômeno que pode ocorrer quando um dispositivo eletrônico é exposto a um campo eletromagnético. Muitos materiais apresentam uma eficácia da blindagem contra interferência eletromagnética (IE). Neste artigo, é proposta uma simulação computacional com base no método do domínio do tempo de diferença finita inversa (FDTD), para estudos de interferência de onda eletromagnética em meio material. Alguns parâmetros das ondas interferentes podem ser mudados como amplitude e diferença de fase. Os resultados da interferência de ondas eletromagnéticas de tais progressos foram analisados através da análise do método FDTD.*

**Palavras-chave:** Interferência Eletromagnética (IE). Método FDTD. Fase.

#### **Abstract**

*Electromagnetic interference is a phenomenon that can occur when an electronic device is exposed to an electromagnetic field. Many materials have a shielding effectiveness against electromagnetic interference (EI). In this article, a computer simulation based on the inverse finite difference time domain (FDTD) method are proposed for studies of electromagnetic wave interference in a material medium. Some parameters of the interfering waves can be changed such as amplitude and phase difference. The results of the interference of electromagnetic waves from such progress were analyzed through the analysis of the FDTD method.*

**Keywords:** Electromagnetic Interference (EI). FDTD Method. Phase.

## **1. INTRODUÇÃO**

A luz é uma onda eletromagnética que sofre processos de difração e interferência, sendo formada por dois campos, (campo elétrico) e (campo magnético) [1]. Nos últimos anos, a difração, absorção e a proteção contra interferência de onda eletromagnética se concentraram nos setores comerciais, industriais e em aplicações de uso militar.

Nos dias atuais, a interferência de onda eletromagnética tem causado uma poluição eletromagnética que, tem aumentado com o avanço no desenvolvimento de vários dispositivos eletrônicos, criando problemas como impacto negativo na saúde humana [2]. Esse tipo de poluição ambiental afeta o tecido humano e causa câncer, além de dificultar a operação de outros dispositivos eletrônicos [3]. Portanto, existe uma necessidade extrema de livrar o ambiente dessa poluição ambiental.

De acordo, com um relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS), as ondas eletromagnéticas geradas a partir de dispositivos eletrônicos, como telefones celulares, computadores, geladeiras e TVs comumente usadas em todos os lares, podem causar alguns tipos de câncer no corpo humano devido à radiação eletromagnética que interage diretamente com a matéria.

Um problema adicional verificado, as interferências mútuas das ondas eletromagnéticas nos dispositivos eletrônicos geram: a interferência eletromagnética (IE) dentro de um dispositivo pode levar ao seu mau funcionamento [4]. A imunidade de equipamentos elétricos contra qualquer interferência eletromagnética é conhecida como suscetibilidade do sistema. Portanto, é importante testar equipamentos elétricos para determinar quão bem ele funciona quando sujeito a radiação eletromagnética indesejada e como é protegido contra interferência eletromagnética não intencional (IE).

Portanto, para resolver os problemas oriundos destas interferências eletromagnéticas, pesquisas estão sendo realizadas e conduzidas para proteger destas interferências de ondas eletromagnéticas, e materiais nanoestruturas de carbono (nano tubos, grafeno), materiais compósitos e poliméricos, semicondutores, metais e suas ligas são fortes candidatos para blindagens eletromagnéticas [5]. O software é baseado no método de domínio de tempo de diferença finita (FDTD), simulação computacional com base no método do domínio do tempo de diferença finita inversa (FDTD), para estudos de interferência de ondas eletromagnéticas em meios materiais.

Especificamente, o software é focado na simulação da interferência de ondas eletromagnéticas quando elas colidem em uma tela com fendas ou aberturas finas feitas de certos materiais. Todos estes materiais tem um imenso potencial de aplicabilidade para estudos como blindagem contra as interferências de ondas eletromagnéticas. No presente trabalho, usamos o método do domínio de tempo de diferença finita (FDTD) que simula as interferências de ondas de eletromagnética em meio material. Os resultados foram interpretados com base na simulação do método FDTD através das equações de Maxwell do eletromagnetismo.

## 2. MÉTODO FTDT NA INTERFERÊNCIA

A propagação da luz é descrita por meio das equações de onda dependentes do tempo de Maxwell em unidades gaussianas [6]:

$$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_o \mu_o}} (\nabla \times \vec{H} - \sigma \vec{E}) \quad (1)$$

$$\vec{D} = \epsilon_r^*(\omega) \cdot \vec{E} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \left( -\frac{1}{\sqrt{\epsilon_o \mu_o}} \nabla \times \vec{E} - \frac{\sigma_m}{\mu_o} \vec{H} \right) \quad (3)$$

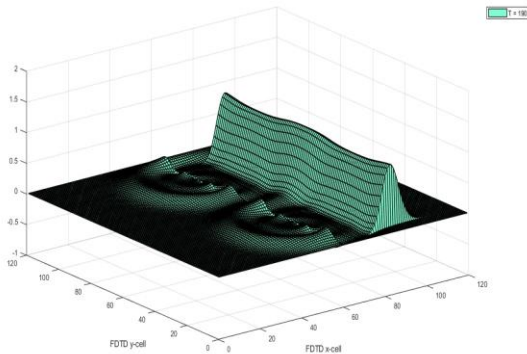
onde  $\epsilon_o$  é a permissividade elétrica em farads por metro,  $\epsilon_r^*(\omega)$  é a constante de permissividade complexa relativa do meio,  $\mu_o$  é a permeabilidade magnética em henrys por metro,  $\sigma_m$  é uma resistividade magnética equivalente em ohms por metro e  $\sigma$  é a condutividade elétrica em siemens por metro. As equações do algoritmo FDTD usado aqui, descreve as componentes do campo elétrico e magnético de acordo com as equações abaixo:

$$E_x^{(n+1/2)}(k) = E_x^{(n-1/2)}(k) + \frac{\Delta t}{\sqrt{\mu_o \epsilon_o} \Delta x} \left[ H_y^n \left( k + \frac{1}{2} \right) - H_y^n \left( k - \frac{1}{2} \right) \right] \quad (4)$$

$$H_y^{(n+1)} \left( k + \frac{1}{2} \right) = H_y^{(n)} \left( k + \frac{1}{2} \right) + \frac{\Delta t}{\sqrt{\mu_o \epsilon_o} \Delta x} \left[ E_x^{(n+1/2)} \left( k + 1 \right) - E_x^{(n+1/2)} \left( k \right) \right] \quad (5)$$

$$\tilde{D}_z \left|_{i,j}^{\left(n+\frac{1}{2}\right)}\right. = \tilde{D}_z \left|_{i,j}^{\left(n-\frac{1}{2}\right)}\right. + \left. - \frac{\Delta t}{\Delta y \sqrt{\mu_o \epsilon_o}} \left[ H_y \left|_{\left(i+\frac{1}{2}\right),j}^n\right. - H_y \left|_{\left(i-\frac{1}{2}\right),j}^n\right. \right] \right. \quad (6)$$

Este fenômeno causa um padrão de campo imprevisível na região de simulação normal das superfícies de interferência do meio de de propagação da onda eletromagnética no com o método FDTD. Na Figura 1 são grandes franjas de interferência do meio com formas senoidal.



**Figura 1.** Franjas de interferência do meio com formas senoidal.

**Fonte:** Autor

Como pode ser visto no gráfico da figura 1 acima onde obtemos os resultados obtidos pelo método FDTD são um ajuste bom o suficiente para as curvas analíticas na região de Fraunhofer que são estudados em ótica e que caracteriza os fenômenos de interferência da luz.

## CONCLUSÃO

❖ O método FDTD resolve as equações diferenciais de Maxwell, substituindo o tempo e as derivadas espaciais com a aproximação da diferença central, fornecendo o campo eletromagnético transiente e a análise de interferências por meio de uma única simulação;

❖ A técnica do domínio de tempo de diferença finita (FDTD) tem se mostrado uma ferramenta útil para analisar fenômenos de interferência em ondas eletromagnética com resultados satisfatórios e baixos requisitos computacionais;

❖ Como pode ser visto no gráfico, os resultados obtidos pelo método FDTD são um ajuste bom o suficiente para as curvas analíticas na região de Fraunhofer que são estudados em ótica e que caracteriza os fenômenos de interferência da luz.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] HEALD, M. A.; MARION, J. B. *Classical Electromagnetic Radiation* (3<sup>rd</sup> Edition)-Sauders College Publishing, 1995. 488p.
- [2] PARKA,JUN-BEOM ; RHO,H.; CHA,AN-NA ;BAE,H.; HYUN LEE,H.S.;RYU, SANG-WAN ; JEONG, T.; HAA, JUN-SEOK. Transparent carbon nanotube web structures with Ni-Pd nanoparticles for electromagnetic interference (EMI) shielding of advanced display devices. *Applied Surface Science* 516. p. 145–745, 2020.
- [3] ADAIR, R.K. Constraints on biological effects of weak extremely low frequency electro-magnetic fields. *Physical Review A* (43). p. 1039–1048, 1991.
- [4] HONG,M. ;CHOI,W.;AN,K.; KANG, S.;PARK, Y.; KIM,L. B. Electromagnetic interference shielding behaviors of carbon fibers-reinforced polypropylene matrix composites: II. Effects of filler length control. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20. p. 3901–3904, 2014.
- [5] JUNGA, M.;YOUNG-SOON LEEB,Y-S.;HONGA,S.-G.; MOONC,J. Carbon nanotubes (CNTs) in ultra-high performance concrete (UHPC):Dispersion, mechanical properties, and electromagnetic interference (EMI) shielding effectiveness (SE). *Cement and Concrete Research* (131: 106017). p. 1–15, 2020.
- SINGH, N.; SINGH, S.; SINGH, S. B. A New Hybrid MGBPSO-GSA Variant for Improving Function Optimization Solution in Search Space. *Evolutionary Bioinformatics* 13. p. 1–13, 2017.
- [6] SULLIVAN, D. M. *Electromagnetic Simulation using the FDTD Method*. IEEE Press Editorial Board, 2000. 424p.